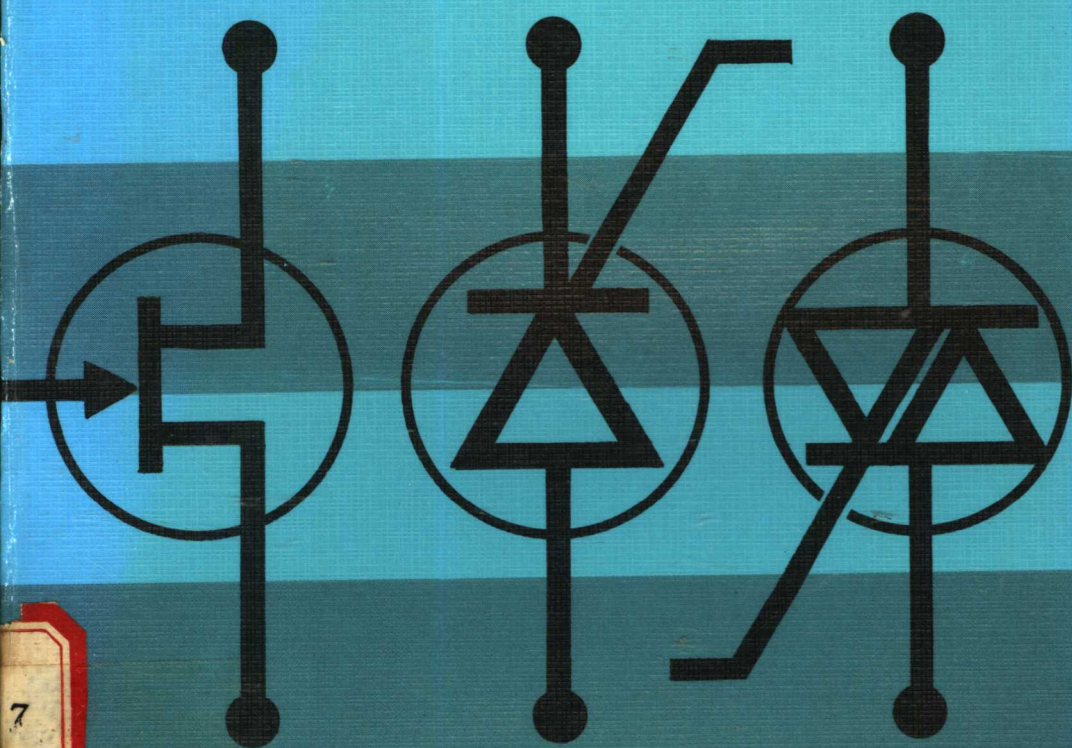


工業電子實習

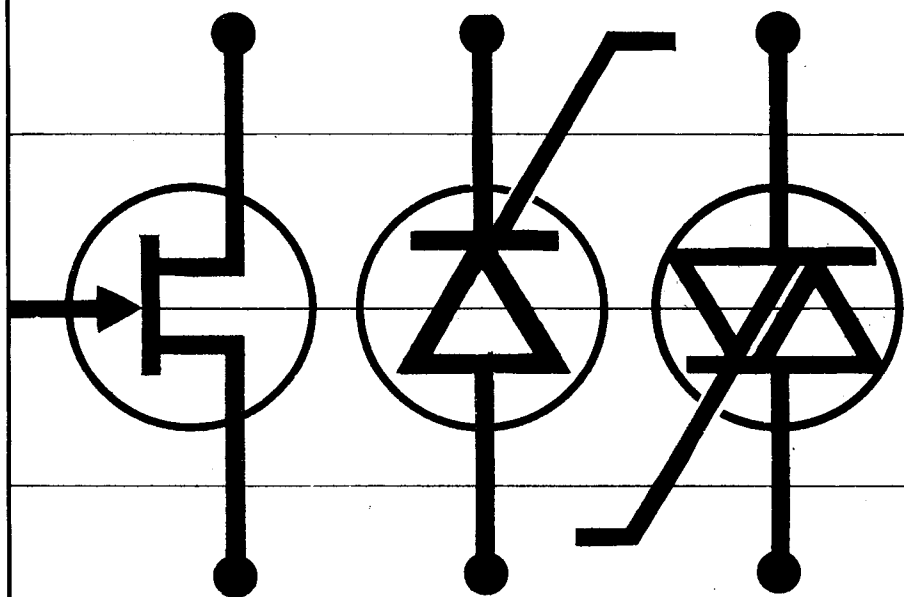
林瑞祥 編著



全華科技圖書公司印行

工業電子實習

林瑞祥 編著



全華科技圖書公司印行



全華圖書

法律顧問：陳培豪律師

工業電子實習

林瑞祥 編著

出版者 全華科技圖書股份有限公司

地址 / 台北市龍江路76巷20-2號2樓

電話 / 5811300 (總機)

郵撥帳號 / 0100836-1 號

發行人 陳 本 源

印刷者 華 一 彩 色 印 刷 廠

門市部 全友書局(黎明文化大樓七樓)

地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓

電話 / 3612532 • 3612534

基 價 3.33 元

十三版 / 76年2月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

版權所有 翻印必究

圖書編號 0413116

15.00

我們的宗旨：



感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

為保護您的眼睛，本公司特別採用不反光的米色印書紙！！

序

林瑞祥 謹識

- 一、半導體元件如特殊半導體，積體電路等被廣泛使用於工業設備的控制電路。本書的目的在使學者經由各實習項目認識各種特殊半導體元件的特性及其基本應用電路。

書中所介紹的特殊半導體元件包括UJT、SCR、Diac、Triac、PUT、SCS、FET、熱電元件、光電元件、透納二極體等。

- 二、本書適合高工及五專電子科和電機科實習或實驗課程教學之用，可做為每週七小時，一學期課程的教材。學者最好對電晶體已具有相當認識。

- 三、器材說明：

本書希望能以最少的器材，最簡明的電路，使學者達到實習的目的。

所用儀器說明：

1. 示波器。
2. 三用電表：任何型號的三用表均可，附有 L_I 、 L_V 刻度的三用表更佳。
3. 直流電源供應器：可由 6 伏、12 伏、24 伏變壓器（如 PT-20）整流濾波後供應，最好裝置一部簡單實用的電壓可調電源供應器（參考實習二後所附之電路）。

所用材料說明：

1. 各實習項目電路中，若元件的編號沒有註明，則使用任何型號均可，所用電晶體均為矽電晶體編號不拘，常見的 4002、4003、9012、9013 等中小功率電晶體即可勝任。
2. 各種特殊半導體元件均可參考電子雜誌的廣告欄，郵購而得，在較大城市的電子材料行大都可購得實習所需的材料。
3. UJT、Diac、PUT、SCS 和透納二極體等在其他地方市面上較難購得的元件，本書中均介紹以電晶體組成的代用電路，在電壓—電流特性上有相似的性質，可在實習中代替使用。
4. 在實習時應準備一本方格紙，以做曲線描繪之用。

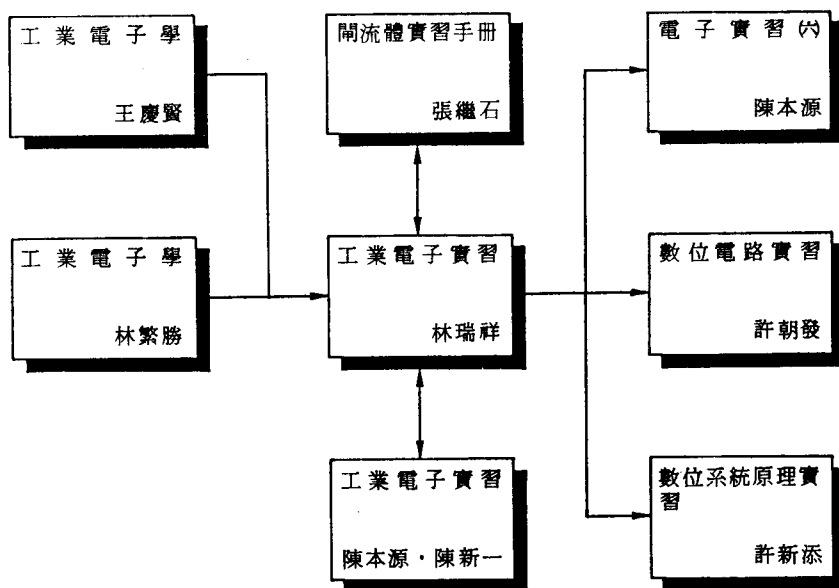
編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所將提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，且循序漸進。

現在，我們將這本「工業電子實習」呈獻給您，使您能經由實驗而認識各種特殊半導體元件的特性及其基本應用電路。本書非常適合高工及工專電子、電機科實習或實驗課程教學之用，書中所介紹的特殊半導體包括 UJT、SCR、DIAC、TRIAC、PUT、SCS、FET，熱電元件，光電元件、透納二極體等，每一實驗之前對於各元件之原理與特性均有詳細的說明，使您能將理論與實際配合而收融會貫通之效。深信經由本書必可使您對各種特殊半導體的實際應用有一通盤的了解。

同時，爲了使您能有系統且循序漸進研習有關實習／實驗叢書，我們將全華公司一整套實習／實驗叢書以流程圖方式列之於右，只要您按照順序詳加研讀，除可減少您摸索時間外，並可使您具備有實習／實驗方面完整的知識，希望您能善加利用。有關右列各書內容，如果您需要更進一步資料時歡迎來函連繫，我們將給您滿意的答覆。

流 程 圖



目 錄

實習一 元件電壓電流特性曲線	1
一、目的	1
二、相關知識之一：電壓—電流特性（ $V-I$ 特性）	1
三、相關知識之二：元件串聯、並聯後之 $V-I$ 特性曲線	8
四、實習項目一：元件 $V-I$ 特性曲線之測繪	11
五、實習項目二：元件串聯並聯後之 $V-I$ 特性曲線測繪	14
六、練習題	16
實習二 單接合電晶體的特性	17
一、目的	17
二、相關知識	17
三、實習項目一：三用表測 UJT	24
四、實習項目二： UJT $V_E - I_E$ 特性曲線之測繪	24
五、練習題	26
實習三 UJT 弛緩振盪	27
一、目的	27
二、相關知識	27
三、實習項目： UJT 弛緩振盪器	38
四、練習題	39

實習四 UJT 其他實驗	41
一、目的	41
二、相關知識之一：用電晶體電路代替 UJT 的方法	41
三、相關知識之二：直線性鋸齒波振盪器	43
四、相關知識之三：UJT 用於定時電路	45
五、實習項目一：以電晶體電路代替 UJT 做弛緩振盪	47
六、實習項目二：直線性 UJT 弛緩振盪	47
七、實習項目三：UJT 延遲切熄電路	48
實習五 矽控整流器 (SCR) 的特性	49
一、目的	49
二、相關知識之一：SCR 的性質	49
三、相關知識之二：三用表測量 SCR	57
四、實習項目一：三用表測量 SCR	57
五、實習項目二：閘極電流 I_G 與順向轉態電壓 V_{BO} 的關係	58
六、實習項目三：SCR $V_{AK} - I_{AK}$ 特性曲線之測繪	60
七、相關知識之三：SCR 的串並聯應用及保護	61
八、練習題	67
實習六 相位控制(一) RC 電路移相控制	69
一、目的	69
二、相關知識之一：相位控制的意義	69
三、實習項目一：簡單的相位控制電路	70
四、實習項目二：RC 電路相位控制	72
五、實習項目三	72
六、相關知識之二：RC 電路相位控制的原理	73
七、相關知識之三：SCR 靜態開關以及全波相位控制	77

八、相關知識之四：負載的平均電壓和有效電壓·····	80
九、練習題·····	82
實習七 相位控制(二)脈衝控制 ·····	85
一、目的·····	85
二、相關知識·····	85
三、實習項目：UJT 相位控制電路·····	91
實習八 SCR 應用電路 ·····	93
一、目的·····	93
二、相關知識·····	93
三、實習項目：直流閃光燈·····	98
四、練習題·····	100
實習九 TRIAC 與 DIAC 的特性 ·····	103
一、目的·····	103
二、相關知識之一：Triac的特性·····	103
三、相關知識之二：Triac 交流無接點開關（靜態開關）·····	108
四、相關知識之三：Diac (Di - electrode AC Switch) 二極交流 開關·····	110
五、相關知識之四：以電晶體電路代替Diac 的方法·····	113
六、實習項目一：三用表測Triac 和Diac ·····	116
七、實習項目二：Diac 特性曲線之測繪·····	116
八、實習項目三：Triac V-I 特性曲線之測繪·····	117
九、實習項目四：Diac 脈衝產生電路·····	118
十、實習項目五：電晶體的崩潰·····	119
十一、練習題·····	120

實習十 TRIAC 應用電路	121
一、目的	121
二、相關知識之一：Triac 相位控制	121
三、相關知識之二：Triac 應用電路例	124
四、實習項目一：沒有使用Diac 觸發的RC 相位控制	129
五、實習項目二：使用Diac 的 RC 相位控制	130
六、實習項目三：使用交流電源的閃光燈	131
實習十一 程式單接合電晶體 (PUT) 的特性	133
一、目的	133
二、相關知識之一：PUT 的特性	133
三、相關知識之二：PUT 弛緩振盪	139
四、相關知識之三：以三用表測量 PUT	145
五、相關知識之四：以電晶體電路代替PUT	145
六、實習項目一：三用表測 PUT	146
七、實習項目二：PUT 弛緩振盪器	147
八、實習項目三：閘極加壓時 PUT 的 $V_{AX} - I_{AX}$ 特性曲線	148
九、練習題	149
實習十二 程式單接合電晶體 (PUT) 的應用電路 ...	151
一、目的	151
二、相關知識：PUT 的應用電路	151
三、實習項目一：PUT 直線性鋸齒波產生器	157
四、實習項目二：直流電源功率控制	158
實習十三 矽控開關 (SCS) 和其他閘流體	159
一、目的	159

二、相關知識之一：SCS (Silicon controlled Switch) 矽控開關的特性·····	159
三、相關知識之二：SCS 應用電路·····	165
四、相關知識之三：三用表測量 SCS 和以電晶體電路代替 SCS ···	168
五、實習項目一：SCS 的特性·····	170
六、實習項目二：SCS 代用電路的 V-I 特性觀測·····	172
七、實習項目三：SCS 史密特觸發器·····	173
八、相關知識之四：矽單面開關 SUS 和矽雙面開關 SBS ·····	173
九、相關知識之五：其他閘流體·····	176
十、練習題·····	180
實習十四 光電轉變元件及其應用 ·····	181
一、目的·····	181
二、相關知識之一：發光二極體 LED ·····	181
三、相關知識之二：光敏元件·····	183
四、相關知識之三：光電元件的應用電路例·····	193
五、實習項目：CdS 光敏電阻的應用·····	197
六、練習題·····	199
實習十五 溫度控制電路 ·····	201
一、目的·····	201
二、相關知識之一：熱電轉變元件·····	201
三、相關知識之二：溫度控制·····	203
四、實習項目：溫度控制·····	209
五、相關知識之三：溫度控制電路例·····	212
六、練習題·····	215
實習十六 電壓控制式負電阻與透納二極體 ·····	217

一、目的	217
二、相關知識之一：電壓控制式負電阻	217
三、相關知識之二：具有電壓控制式負電阻的電晶體電路	220
四、實習項目一：以電晶體電路組成電壓式負電阻	222
五、實習項目二：電壓式負電阻弛緩振盪	223
六、實習項目三：電壓式負電阻正弦振盪器	223
七、實習項目四：振盪工作時 $V-I$ 特性曲線之觀測	224
八、相關知識之三：透納二極體的各種工作型態與偏壓	225
九、練習題	228
實習十七 場效應電晶體 (FET)	229
一、目的	229
二、相關知識之一：FET 的特性	229
三、相關知識之二：FET 的應用電路例	236
四、相關知識之三：三用表判別 FET 的三極	240
五、實習項目一：三用表測 FET 之三極	241
六、實習項目二：FET $V_{DS} - I_{DS}$ 特性曲線之測繪	242
七、實習項目三：FET V_{VR} 特性之測量	243
八、實習項目四：FET $V_{GS} - I_{DS}$ 特性曲線之測繪	243
九、實習項目五：FET 長週期多諧振盪器	244
十、實習項目六：接觸開關	244
十一、練習題	244
附 錄	245

實習一 元件電壓電流特性曲線

一、目的

1. 瞭解電子元件電壓電流特性曲線 ($V-I$ 特性曲線) 的意義。
2. 認識基本電子元件的 $V-I$ 特性曲線。
3. 熟練以示波器測繪 $V-I$ 特性曲線的方法。

二、相關知識之一：電壓—電流特性 ($V-I$ 特性)

非電抗性電子元件最重要的特性為其電壓—電流特性 ($V-I$ 特性)，由 $V-I$ 特性資料可知道該元件外加某值電壓時會有多少電流流過，最基本的元件—電阻器，電壓電流成正比的關係，只要將電壓除以電阻值便得電流值。但是大部的半導體元件電壓與電流並非直線性的關係，電壓與電流

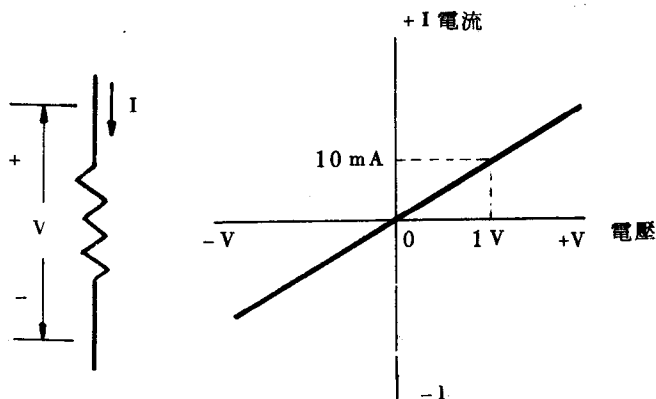


圖 1-1 電阻器的 $V-I$ 特性曲線

2 工業電子實習

的關係無法以簡單的公式表達，這種非直線性元件 $V-I$ 特性的說明只有使用曲線來表達最為簡單明瞭。此種曲線稱為 $V-I$ 特性曲線。 $V-I$ 特性曲線通常使用橫座標表電壓，以縱座標表電流。

1. 基本非電抗性元件的 $V-I$ 特性曲線

A. 電阻器

電阻器的 $V-I$ 特性為一直線，如圖 1-1 經過原點穿越第 I 第 III 象限。直線的斜率代表電導的大小，例如圖 1-1 中

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{10 \text{ mA}}{1 \text{ V}} = 10 \text{ mS}$$

$$\text{電阻值} = \frac{1}{10 \text{ mS}} = 100 \Omega$$

直線的斜率愈大，電導愈大，即電阻愈小。如果斜率無窮大與縱座標疊合，則表電阻值為零，若斜率為零與橫座標相疊合則表電阻無窮大，即為開路。

B. 電壓源

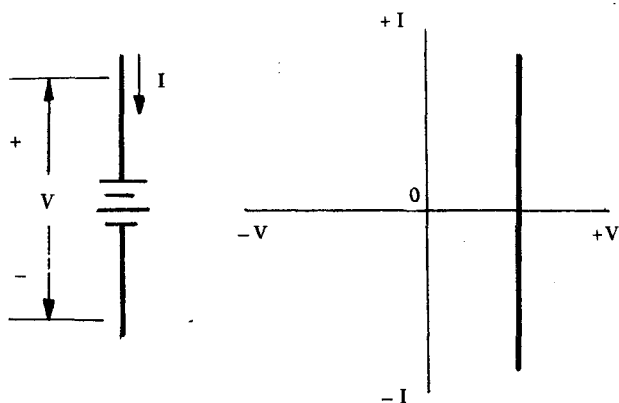


圖 1-2 電壓電源的 $V-I$ 特性曲線

理想電壓電源，不管其流動之電流大小、方向如何，電壓源的兩端電壓值恒保持一定的大小。故其 $V-I$ 特性曲線成一垂直線與電流軸平行，如圖 1-2 所示。

C. 恒流源

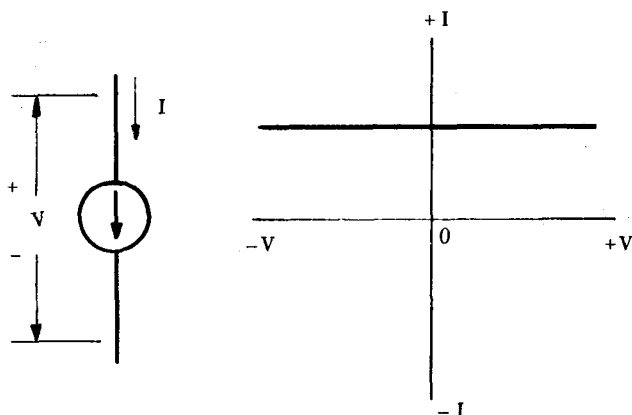


圖 1-3 恒流電源的 $V-I$ 特性曲線

理想的恒流電源，不管其兩端電壓大小、方向如何，電流恒保持定值，故其 $V-I$ 特性曲線成一水平直線。如圖 1-3 所示。

D. 二極體

二極體的 $V-I$ 特性曲線如圖 1-4 所示，在第一象限表順向電壓，靠近原點電流很小，到電壓值在 0.6 伏以上（鍺二極體在 0.3 V 以上），則電流大增但電壓增量很小，幾乎在任何電流值均維持一定的電壓。

而在第三象限（逆向電壓）則電流極小，接近於開路狀態。

如果逆向電壓大到某值以上（普通整流器均在數百伏特以上），則電